

科技部
綠能科技聯合研發計畫
108 年度(第二梯次)整合型研究計畫徵求說明

壹、背景目的

全球能源轉型正在加快步伐，但仍以再生能源(Renewable Energy)、電氣化(Electrification)和能源效率(Energy Efficiency)為中心，加速推動的腳步。國際再生能源機構(International Renewable Energy Agency, IRENA)所提之 2019 年全球能源轉型：邁向 2050 年藍圖(Global energy transformation: A roadmap to 2050)指出，到 2050 年，電力可能成為中央能源載體，最終能源消耗占比將從 20%成長至近 50%，因此，總電力消耗將增加一倍以上，而再生能源將能夠提供全球大部分電力需求(86%)，其中電力需求增加的主要驅動因素是電動汽車數量超過 10 億、加熱用電量增加以及再生氫氣的出現導致，總體而言，再生能源將提供三分之二的最終能源來源。

具有再生能源的電氣化設施可以立即減少與能源相關的二氧化碳排放，同時也使得基於化石燃料的替代品更便宜，降低當地空氣污染與增加健康福利，帶來積極的社會經濟效益，成為建立連結與數位化經濟和社會的關鍵推動因素。當與再生能源配合使用時，電氣化設施與能源效率具有密切相關，進而降低整體能源需求。

系統創新為能源轉型的重要關鍵推動因素，各國需要投入更多關注數字化的智慧化能源系統，透過更大的電氣化與分散化趨勢將實現跨領域耦合(Sector Coupling)，這項創新需擴展至技術之外、擴展至市場和法規，以及電力部門和商業模式的新運作實踐。

一、創能

太陽光電在運行期間並無噪音、空氣或有害物質之汙染，有助於減少整體溫室氣體排放。其主要透過半導體材料、矽、化合物半導體(Compound Semiconductor)或薄膜系統(無機或有機)為材料之太陽能電池，將太陽能

轉換為電能。當前研究顯示，太陽光電適合實現安全、經濟、永續及可靠之目標，並減少因太陽輻射變化而引起的電網變化性。因此，太陽光電技術被視為能源轉型的核心要素。

有別於現有技術，新的太陽光電材料在製造及加工方面大多可以彈性生產，並在材料的使用、製造及加工方面具有成本效益。然而，有些技術在其使用壽命或效率方面仍存在缺點，因此相較於現有技術，具有不同的應用領域。例如，開發以晶體矽(例如與鈣鈦礦半導體組合)或薄膜太陽能電池為基礎之高效串聯太陽能電池可進一步提高效率。在選擇太陽光電材料時，必須盡可能避免在製造過程中使用對生物健康及生態環境有害的材料。此外，使用後的太陽光電系統若能完善回收，可使系統更具永續性，並達到環保效益。

自 2000 年代以來，太陽光電市場以每年平均 30% 以上的速度增長。持續發展的生產技術是促使太陽能發電成本下降的主要因素。在嚴峻的國際競爭背景之下，研究工作對於在高產品品質的基礎上不斷發展，同時開發先進的創新技術和生產技術至關重要。研究目標必須適應動態且競爭的環境，並以下列幾個方面為目標：(1)具有競爭力的太陽光電產業以及成功的全球能源轉型，需在整個價值鏈中利用節約成本的潛力，同時提高產品品質。即代表不斷提高效率 and 生產率、減少使用的資源和空間、延長使用壽命，並讓系統使用後的修復更加簡單；(2)開發新材料及技術，並驗證其成本效率。與此同時，需開發工業產能生產(從原材料到太陽能電池、模組再到系統)，以利用規模經濟，並考量資源效率和環境永續性。

二、 節能

工業部門除了專注於高度專業化的材料與程序外，工業能效的創新技術發展，必須透過不斷的研究和開發來實現，從長遠來看，這是保持工業和商業部門的一項競爭指標。

除了石油，煤炭和天然氣外，電力是工業及住商部門最重要的能源來源，由於替代使用化石燃料，以供應熱能和機械能源，電力在工業能源結構中的占比相繼增長，且電力的需求也因工業程序的逐步自動化而增長。近年來，工業中的發電機與總供電的比例逐漸下降，而是由外部供應的公共發電站或再生能源投入所取代。

這些發展是因電力供應的改變導致工業部門的轉變。隨著電力結構的長期變化，工業的碳足跡也因化石燃料的減少使用而改善。同時，這也帶來一些新的挑戰，例如可更靈活地利用再生能源以揮發電力。然而，在提供能源整個效能方面，應考慮到產品的整個生命週期的平衡，從原材料提取到加工、製造和使用過程中壽命期間的能耗，直至後續的處置或回收程序。在產品的生產加熱過程中，也預期能產出更多的再生能源。

在工業和商業部門，由於在能源的使用過程中所引起的溫室氣體可用各種方式減少其排放量(例如：通過更有效的利用)。提倡相關研究計劃可為能源需求較大的產業帶來創新，但也可以利用聚集較小規模的潛在效能，來產生更廣泛的影響。能源的研究著重於預先建立重新設計過的有效能源使用方法的程序，以及新的製造材料和相關製造方法的開發。然而在 2050 年前，必須達到以實現中和大量溫室氣體為目標的首要目的。

具有高能源產出的工業部門，例如鋼鐵、建築材料、玻璃、化學品和造紙工業，在規劃有效能源的過程中，本身具有敏銳的商業自身利益。長期示範項目需要進行更多的研究來測試後續試驗設備的影響。但因工廠規模，它們的實施需要考慮相當大的研發風險。

從大規模的生產程序中，化學品工業已經轉向減少使用材料生產量，改而利用有效率的能源。對於未來工廠與程序的模組化，可用連續生產的方式取代批次生產，以縮短作業程序。由於基礎化學工業主要都運用化石資源，如原油和天然氣，在資源技術的基礎上，更必須在未來逐步轉向使用再生能源。同時，隨著主要原料的再生與合成的應用，化學品工廠必要

的電力將為工業部門在儲能領域上帶來額外的發展前景。

由於再生能源的供電增加，在工業的電氣化方面，尤其是工業加熱的部分，可證明降低二氧化碳排放的措施是有效的。為此，必須提升當前工業部門的靈活化的技術能，以便影響電網中負載的快速或頻繁的變化，從而將工業設備的能源系統整合成一個電網。

研究和開發新的對氣候友善和有效利用的能源過程中，將為能源使用量較大的產業(如鋼鐵和化學品業)帶來為未來氣候保護需求，並提升與維持其在該生產過程中的競爭力。在智慧結合科技的過程中，具有強大的潛在創新力，例如在鋼鐵生產中，以煉金氣體作為化學工業的原物料。作為使用廢氣的替代方案，再生能源所產生的氫氣可應用於(鋼鐵)工業，以避免二氧化碳排放。

由於涉及眾多部門和程序，工業進行中所產生的熱能大多很難產生匯集的概念。因此，需要找到個別減少必要能源的方法，同時也維持產品的品質。對環境友善的熱能也可以通過太陽能，或者由特定範圍的生質能來提供。對於更高的溫度，需要升級用於集中電力和生質能以及廢熱利用的方法。除了直接使用透過熱泵、熱能連接網和其他製造過程中的所產生的熱量儲存外，還需考慮將其轉換為電能。

三、 儲能

電能儲存設備是使未來能源系統更加靈活的重要組成，有助於增加額外的再生能源占比，以及確保電力供應安全，因為儲能設備可以快速回應波動並穩定電網。儲能設備可用於廣泛領域，如在公用電網方面，電能儲存設備提供輔助服務；在電動車輛方面，儲能設備自身或與燃料電池組合成為動力傳動系統以提供電能；在建築物、社區或工廠方面，儲能設備有助於增加自我消耗且有助於能源管理；在風能和太陽能發電案場方面，儲能設備可以通過延遲供電以提高效率，並且可以通過避免縮減輸出以增加再生能源的產生。

上述案例皆是跨領域耦合展現，即是整合再生能源以及整個能源系統的效率。這需要具有特定且優化屬性(尤其是性能、容量、重量或體積能量密度、循環穩定性、回應時間和成本)的電力儲存設備，適用於相關需求且可以接管短期、中期和長期儲存任務。

提高儲電效率的出發點，除了用於儲存元件和系統的成本降低之外，還包括品質和安全性的改進以及增加標準化，以期允許更廣泛的兼容性應用。這必須進一步開發數位化、自動化生產技術，並且需要改進其持續性。在數位化管理方法的支持下，創新的電力儲存設備及其環境必須根據具體應用進行最佳化調整，並在運行期間進行測試。此新的商業模式可以滿足未來市場需求。

電力儲存技術範圍包括電化學儲存(電池，包括氧化還原電池)、電存儲(如壓縮空氣和氣體儲存、泵送水電儲存和飛輪)和高溫蓄熱用於電儲存。電力儲存研究尤其著重於不同類型的電池技術，因為電池是能源系統關鍵核心技術。能源研究計劃中的電池研究隨著價值鏈進行了擴展，一方面的研究解決材料、電池化學和生產的特定應用問題，另一方面研究則透過使用案例開發和標準化問題，將電池結合到移動型和定置型應用。

開發創新材料和儲存介質面臨著廣泛的需求，例如，在電池組中，新材料應改善電池的技術屬性，使其便宜且易於生產，同時，它們必須符合高安全標準與環保。在製造儲存設備時，增加使用適合和非關鍵原材料也可以減少對進口的依賴。

開發材料必要性的範圍從電池到系統或模組再到外圍設備，如新材料為電動汽車提供更大的能量密度和更長距離的性能、氧化還原液流電池需要高性能、穩定的雙極板材料、飛輪需要磁鐵材料等。

在開發早期階段，需要快速、可靠的測量程序來測試這些材料的適用性並促進加速開發。必須開發和優化電力儲存、元件、零件、系統及其外圍設備，以使其適合相關應用並安全可靠地運行。關鍵參數包括成本、整

體效率、功率密度、儲存容量、回應時間、壽命、循環穩定性以及充電和放電速度，此關鍵參數在高溫和低溫下皆需要能穩定運行。

在特定應用中，電力儲存系統的示範將支持研究成果轉移至市場，此示範必須顯示技術可行性和經濟可行性，且必須優化流程和程序以及儲存管理概念，測試創新商業模式，並開發新的應用領域和展示點可能性。如增加設備和元件可以使電網內的儲存設備運行或用於社區中的能量管理更經濟。透過這種方式，新應用將可以支持未來能源系統，且透過創新方法運行分散式儲存系統，可以獲得新的市場參與者。

此外，作為能源來源的氫可以在跨領域耦合具有特定的重要性，氫可用於中央和地方發電，如車輛與替代燃料、氣體和可燃物的製造，作為長週期儲存以及工業程序(特別是化學品工業)的原料。在一定程度上，氫可以與管道和配送網路中的天然氣混合，這個方式開闢了電網的靈活性。迄今為止，天然氣網路主要為用於供應電力和熱能市場的天然氣，因此可以在未來的能源系統中發揮新的作用。在電力轉化為燃氣電廠中，如果氫能進一步轉化為甲烷和二氧化碳，則天然氣網路亦可以充分用於再生能源的長週期儲存。然而，與簡單電解方式相比，這涉及額外的效率損失，因此，關鍵的研究目標是提高轉換過程本身的能源效率，以及合理使用化學轉化過程產生的廢熱，以獲得高階的系統效率。

在大多數情況下，這些轉化過程始於透過電解裝置產生氫，這種設備的經濟運行需要在技術上有效且以需求為導向的綜合基礎設施，包含最適化生產、儲存、調節、運輸和轉化氫氣的所有過程。除了成本之外，關鍵挑戰還涉及提高程序的能源效率和有意義地使用不可避免的廢熱。對於長期數據支持各種電解技術的研究，仍然主要著重於性能、動態和靈活性、劣化和使用壽命以及擴展、效率和功率密度等方面，應用導向的基礎研究提供次世代技術開發，且降低電廠成本。

再生氫氣(或由其產生的可燃物)再轉化雖然為長週期電力儲存提供

選擇，但氫與其他儲能設備的結合則是一個相當大的挑戰，氫可以用於燃料電池或定置型燃燒機，在這種情況下，可逆式燃料電池/電解系統是一個重要的研究課題，所有使用的材料都應該分析其關鍵資源，應盡可能減少使用或用替代品代替，對現有基礎設施所需要的材料研究主要在於獲得更高的氫含量。目前大多研究將專注於與跨領域耦合相關的產氫、氫儲存和運輸的議題。

四、系統整合

能源生產和消費將不再被分開研究，而必須在一個互聯的能源系統中綜合研究。除了對各單項技術進行繼續研究以外，未來的能源研究將更加注重各種技術和工藝在能源系統中的優化組合利用。

面對未來能源轉型及高占比再生能源的趨勢，電網勢必將面臨如何提高效率、彈性以及韌性的挑戰，且必須有效利用再生能源與打破各能源領域的界線。再生能源的擴張亦顯現電力供給與電力消費區域中心之間的距離將擴大(例如離岸風場)，因此電力遠距傳輸日益重要。此外，隨著電業自由化及市場開放，發電廠和消費者的角色將日益趨同，更需要區域及國家電網運營商聯合推動，得使能源系統更加靈活，將電網的整合和轉型繼續導向開放技術、市場導向的整合性系統。

電網的開發及轉換方面，確保供電的安全性及品質乃國家國際競爭力的基礎，同時創造節能且無害環境的能源供應轉型。而其中數位化於此扮演重要的角色，目的在於強化電網的韌性、能源系統安全性，同時對於日趨複雜、相互依賴的能源系統亦是不可或缺的重點發展方向。

另一方面在於電網現代化設備的發展，主要為了改善產能及負載容量、安全性及穩定性。新興材料及設備讓這些緊湊、經濟、耐用及永續技術應用於整合電網網絡中，促進電力、天然氣、供熱網絡的系統整合，以及增強直流電與交流電網絡、供應新型態。

此外，先進電網開發流程和技術將確保靈活、安全和效率的電網運行、能源儲存以及跨領域耦合，換言之，透過電網運作及規劃的創新方法與工具將促使能源基礎建設、跨領域耦合發展成新模式，此部分主要聚焦於電網控制、電網防護、電網穩定性、電網安全性以及再生能源的系統整合。例如跨領域耦合是這方面的一個重要研究課題，再生能源發電不但只提供電力，而且也越來越多地應用在供熱和交通領域，從而替代這兩個領域中的化石燃料。

為了有效利用當地和全球的資源，需要發展整合區域能源系統的客製化電網(Tailored Electricity Grids)，同時必須注意其與國家電網結構的併網問題。因此永續地方與區域再生能源供給的概念將擴展至全球區域，更加需要確保供應的安全性和穩定性。

能源轉型意味著能源系統正經歷徹底變革的時期，包含分散的發電結構、供電的波動性、跨領域耦合、數位整合及新興運輸概念都將徹底重新思考，因此為了於多種影響因子及複雜的環境中，需仰賴「能源系統分析」推論及研析能源系統可能發展途徑及相關潛在影響，並提供科學合理的決策支持及行動方案，分析能源系統潛在發展路徑影響、現有能源技術及新能源技術之間的相互作用以及根據能源系統模型所提出的未來預測。

能源轉型的數位化幾乎涉及到能源轉型的各個領域，數位化解決能源分散化問題、增加靈活性和有效利用能源與資源，面對現在及未來挑戰發揮關鍵的作用。憑藉其提高能源系統靈活性和效率的可能性，帶來轉機但也帶來了挑戰，從而產生未來發展需求與趨勢，包含(1)物聯網，例如智慧電網、智慧工廠；(2)大數據分析例如應用於預測或態勢監測；(3)資通訊安全性和能源系統的恢復能力，例如數位基礎建設的穩定性、系統性和電網化風險；(4)人工智慧(AI)，例如應用於能源生產到預測過程等領域；(5)數據資料集的處理、保護、使用權和標準化；(6)模擬方法應用，例如材料篩選、電廠和過程模擬；(7)人機互動，例如擴增實境、自動照明及

溫度調控等；(8)機器人技術，例如電力生產、存儲和輸送等相關設備的自動化監控和維護機器人；(9)開放式科學，開放資源、開放入口、開放資料的統稱，以提高數位化的透明度和可重複性；(10)創新數位化商業模式，包含虛擬電廠、數位平台及市場應用、輔助服務的開發等。

貳、綠能科技領域重點發展方向

一、創能領域

太陽電池目前在設備及現有製程改善已做到極限，因此應不以追求高效率為目標，而以簡易化學製程為發展方向，開發低成本高性能之革命性太陽能電池製造技術，包括導電銅漿及鈍化材料、溶液製程及設備開發，並兼顧環保無毒之永續目標。未來可發展之方向包含：(1)開發低成本、高導電、接著性及可焊性佳之銅漿配方、製程技術及塗佈或印刷設備，並可取代現有導電銀漿；(2)開發以化學製程製備鈍化層所需之材料及塗佈或印刷設備；(3)所使用之化學製程材料需兼顧環保無毒之永續目標。

可應用於無人機之輕量太陽能電池技術方面，由於無人機研發技術逐漸成熟，以及其市場規模持續擴大，開發無人機可負載之輕量太陽能電池(不包括三五族半導體之太陽能電池)、模組及相關材料、設備，不僅可鼓勵晶片薄化、封裝簡易化，亦可協助無人機市場於發展的同時，邁向能源永續之目標。未來可發展之方向包含：(1)薄片太陽能電池製程技術；(2)輕薄封裝材料、製程技術、設備開發；(3)輕量太陽能電池於無人機之應用評估。

仿生電池方面，目前製氫方式仍離不開化石燃料，並非完全乾淨的能源，因此科學家致力於研發人工光合作用設備。仿生電池透過模仿植物光合作用，達到人工光合作用之目標，為既能製氫又能發電的多功能太陽能系統，而可蓄電數週之特性，亦可改善一般太陽能電池較無法儲電之情況。然而，該技術離商業化尚待努力，也存有效率低成本高等挑戰。美國能源局勞倫斯伯克利國家實驗室(Lawrence Berkeley National Laboratory)目前研發之合併效率可高達 20.2%，因此已具發展潛力，值得國內投入研發。未來可發展之方向包含人工光合作用之創新材料(吸光材料及電極)、系統

及模組，並使該技術具商業化之潛力。

二、 節能領域

在工業廢熱回收技術方面，工業領域中，廢能的產生為共通性現象，而要如何回收，成為重要技術問題。不同的設備及不同溫度的廢熱回收，亦需要不同的技術，來達成高效廢能回收的成效。開發整合技術，直接(或間接)回用在電力系統中，亦為重要研究課題。如可以就現有工業問題，進行產學合作技術開發，將對耗能較高的工業體系，達到較高的節能成果。

而在工業新燃燒技術上，工業領域中，鍋爐及渦輪等燃料系統的燃燒效率，雖然已屬高效率，但在現今的新燃燒技術的引入，例如富氧或貧氧及二氧化碳的整合應用，有可能提高效率的新燃燒技術，將有利於現有工業的能耗降低，以達到工業節能的目標。

關於智慧化節能監控技術，工業能耗的問題，常不屬於單一設備的耗能上，多屬於整個環境調控影響下的整體能耗結果。因此，如何智慧化監控整個產線的能耗，並利用空調、照明、及相關環境控制系統，以達到工業節能的目標，即成為本研發項目的重點。而本項目以產學合作，解決現有場域問題為主。未來希望利用成果，達到整廠輸出的節能技術轉移。

在新冷媒材料與空調系統方面，主要針對新冷媒的關鍵環保材料開發，開發低溫室效應係數(Global Warming Potential, GWP)之新冷媒流體，用以取代現有冷媒(如 R134a, R123, R410A)。並評估及使用於冷凍空調系統，達成節能及環保的目標。

三、 儲能領域

(一)先進二次電池

儲能領域發展重點方向著重於開發高效能、安全、具經濟性儲能科技，支持各種儲能應用。評估鋰電池四大關鍵材料未來可發展的機會，在「正極」材料方面，國內從事電池正極研究之企業，主要著重於鋰鐵材料研發，國內幾乎沒有企業投入開發如三元材料的鎳鈷錳(NCM)與鎳

鈷鋁(NCA)。主要重點技術包含「合成與量產高品質 NCM、NCA 粉體」與「活物與電解液穩定技術」等。

在「負極」材料方面，矽碳亦是不可或缺的材料，主要重點技術包含「合成與量產高品質矽碳複合粉體」、「矽碳長循環壽命穩定技術」。在全固態電池中，「鋰金屬負極技術」的發展亦為重要項目。

在「隔離膜」方面，大多以高安全性為訴求，並需具備很好的導電性，目前陶瓷塗佈隔離膜的技術已在發展中。

在「電解液」方面，則以安全、低溫高導電度電解液為重點研究，以提升電池壽命。主要重點技術包含「新型電解液安全添加劑」與「離子液體技術」等。

為考量電池安全性與高容量，全固態電池技術(Solid-state Battery)將是未來發展趨勢，但仍需 7-10 年的時間才有商業化的可能性。主要重點技術包含「合成與量產高品質鋰離子導體-硫化物、陶瓷」、「開發軟質新型鋰離子導體-高分子、複合材料」、「固態電解質與活物介面穩定技術」、「傳統與新型固態電池設計與製作」、「微觀固態離子導體分析技術」等。

考量國內有限電池市場與電池芯廠的高資金門檻，臺灣電池儲能科技可朝向「高品質電池材料提供者」與「高性能電池設計」發展，主要目標為建立高安全性及高效能的先進鋰電池，並聚焦於固態電解質及新材料之開發，固態電解質材料可包含高分子材料、陶瓷材料與硫化物材料。因應固態鋰離子電池為全球先進二次電池的未來發展趨勢，此次主要針對未來三至五年液態鋰離子電池發展的關鍵材料開發，包括安全電解液、高電壓/高電量正、負極粉體等。

(二)先進儲氫

氫能價值鏈架構包含「產氫」與「氫儲存與運輸」，產氫有兩個成熟的途徑為熱化學與電化學；在氫儲存與運輸方面，廣泛分類為壓縮、液化與化學技術，且氫可以配合前述儲存技術利用貨車、鐵路、船舶和管線運送。未來可投入產氫研究重點方向，可針對先進低成本、高性能

產氫技術與供氫系統開發；在氫儲存與運輸方面，則以先進之儲氫材料與儲氫系統開發為主；此外，對於氫能應用的創新科技開發也是未來發展的重點之一。

四、系統整合領域

檢視當前能源政策、科技現況以及未來高占比再生能源情境下，系統整合綠能科技發展趨勢為：在發展高占比再生能源政策時，勢必將面臨經濟與安全的機組調度，再生能源併網之穩定度與可靠度，再生能源發電量預測之準確性，再生能源併網之輸電線路壅塞調控策略，以及再生能源併聯輸電系統之需量管理等相關問題之挑戰。

因此本計畫徵求重點主要針對目前國內外產業現況及技術需求，歸納系統整合領域發展之重點次領域，包含再生能源併網技術、微電網整合技術、虛擬電廠整合技術以及區域能源整合技術。目前投入系統整合研究項目主要為先進強韌型區域電網、虛擬電廠整合技術(用戶側電源與用電管理)以及區域能源整合技術(智慧能源整合技術國際應用示範)。

本次徵求重點將聚焦於 100% 再生能源情境的未來發展技術，其中包含可靠的電力系統運轉及併網技術，利用電力電子設備如調壓器與智慧變頻器、超級電容、及儲能系統提供一定的配套措施和電壓支持功能。對分散式電源變頻器等設備制定標準功能，使再生能源與智慧電網互通性有明確規範，可有效增加分散式發電的滲透率。

另一方面，高占比太陽光電統併聯至系統後所可能產生的技術挑戰，主題包含分散式太陽光電系統的技術發展、先進配電系統之整合、系統測試及示範場地建置、分散式再生能源系統分析、再生能源預測分析，以及併聯技術標準與政策制定等。此外，風場併入系統後的改進及解決方案有提高風機併網條件(即，具有頻率及電壓調節的風力機組)、應用風力預測技術、風場引接點之選擇及風場設置點、電力電子傳輸、無效功率補償及儲能技術應用。

參、計畫目標效益

本專案計畫以綠能科技聯合研究中心為基地，進行綠能科技關鍵技術突破之目標導向整合型研究，以促進學界研發成果與產業銜接，推動國家未來綠能技術持續發展為總體目標，計畫目標如下：

- 一、配合國家綠能科技政策，以沙崙智慧綠能科學城為基地，以創能、儲能、節能及系統整合為四大主軸，利用學界研究優勢，培育重點國內產學研及國際合作團隊，推動新能源及再生能源之科技創新。
- 二、以綠能相關產業之前瞻技術開發與應用技術合作齊頭並進，發展再生能源滲透率高占比、提高能源自主比例、帶動綠能產業發展以及提升綠能產業競爭力，引領產業轉型配合「綠能科技產業創新推動方案」，積極投入適合我國發展的突破點，為我國綠能產業的建立布建機會。
- 三、瞭解國內廠商發展願景及亟待解決之問題，引進廠商進駐智慧科學城設置研發單位，以發揮群聚效應，推動能源科技國際示範與產業落實。此外，亦持續動態綜整前述成果，適時滾動式修正中長期研發方向，期望計畫預期效益切合實際產學研之需求。

此外，亦進行綠能產業系統整合，垂直及水平整合產學研單位與技術能力，共同開發關鍵技術，提供全面性推廣之實用產品或技術能力。鑑此，綠能科技聯合研發計畫將著重於下列四大推動策略：

- (一) 發展綠能材料科技，提升既有系統效能與促進系統性創新。
- (二) 利用智慧數位化科技，創新能源體系運作模式與效能。
- (三) 推動綠能需求導向整合型應用研究，加速技術或產品商用與國際化。
- (四) 引進廠商進駐智慧科學城設置研發單位，以發揮群聚效應。



圖 1、計畫目標

肆、計畫徵求預定目標

一、綠能創新技術型計畫(一般專題研究計畫)

(一)綠能材料與結構

1.仿生創能技術

研究內容：主要目標為以人工光合作用系統，以仿生化學能策略，開發兼具發電及產氫之仿生創能技術。

預定目標：開發人工光合作用之創新材料、系統及模組，其能源轉換效率大於 10%，合併製氫效率大於 15%。

2.新冷媒材料與空調系統

研究內容：開發低溫室效應係數(Global Warming Potential, GWP)之新冷媒流體，可取代現有冷媒(如 R134a, R123, R410A)。

預定目標：開發低溫室效應係數(GWP<2.0)之新冷媒流體，並結合冷凍空調系統，達成節能及環保的目標。

3.先進二次電池

研究內容：考量國內有限電池市場與電池芯廠的高資金門檻，臺灣電池儲能科技可朝向「高品質電池材料提供者」與「高性能電池設計」發展，主要目標為建立高安全性及高效能的先進鋰電池，並聚焦於固態電解質及新材料之開發。

預定目標：高品質固態電解質粉體生產技術：批次量 > 1 Kg，粉體尺寸一致性，單一粉體或應用平台成品之粉體，離子導電度 > 2mS/cm；軟質固態電解質：單一材料或應用平台成品(複材)之離子導電度 > 2mS/cm，適用電壓範圍 > 4.3V；高電壓/高電量正極粉體：批次量 > 1 Kg，粉體尺寸一致性，比電容量 > 200 mAh/g，循環 500 圈 80% 維持率；高電量及循環穩定負極 > 750 mAh/cm³，全電池 500 圈 80% 維持率；軟體模擬開發新型全固態電池設計：電池能量密度。

4.先進儲氫

研究內容：開發產氫、氫儲存與運輸之關鍵材料與氫能應用技術，以降低成本與形成市場，建立或維持產業競爭力。

預定目標：創新氫能相關材料與氫能應用技術，期能在不同部門、時間與區域間，強化氫能扮演更靈活轉換能源機制的角色。電解產氫裝置整體能耗 $< 6.0 \text{ kWh/m}^3$ ；開發氫儲存量 $> 5.0 \text{ wt} \%$ 之材料或技術，儲存與釋放循環壽命 30 次以上，氫氣儲存率 $> 80\%$ 。

(二)智慧能源

再生能源系統智慧預測與分析技術

研究內容：運用人工智慧(AI)機器學習演算法整合再生能源系統數據，提供準確的短期和長期負載和發電預測，並預測其控制反應。

預定目標：於特定期間(例如，未來 1~72 小時)內，預測值的絕對誤差值在 5~10% 以內或更低的範圍，使再生能源於電力交付承諾更具商業價值；應用人工智慧/機器學習演算法進行發電預測。

二、綠能應用技術型計畫(產學合作研究計畫)

(一)創能領域

1.革命性太陽能電池技術

研究內容：主要目標為開發低成本高性能之革命性太陽能電池製造技術，包括導電銅漿及鈍化材料、溶液製程及設備開發，並兼顧環保無毒之永續目標。

預定目標：開發低成本、高導電、接著性及可焊性佳之銅漿配方、製程技術及塗佈或印刷設備，並可取代現有導電銀漿；開發以化學製程製備鈍化層所需之材料及塗佈或印刷設備；所使用之化學製程材料需兼顧環保無毒之永續目標。

2.發展可應用於無人機之輕量太陽能電池技術

研究內容：主要目標為開發輕量太陽能電池(不包括三五族半導體之太陽能電池)/模組製程、材料、與設備技術，可應用於一般型固定翼無人機。

預定目標：一般型固定翼用太陽能電池特性：a.最大充電功率：高於無人機需求功率之 90%。b.封裝後之太陽能電池模組不超過 4 g/W。c.完整無人機(含太陽能電池)具有額外至少 1 kg 的有效負載；無人機(以一般型固定翼為例)特性：a.水平飛行速度：至少 30 km/h。b.裝上太陽能電池後之無人機仍具盤旋能力(盤旋半徑可以至 25 公尺或更小)以及可依照航跡規劃自動飛行。c.水平飛行高度：至少 25 公尺。

(二)節能領域

1.工業廢熱回收技術

研究內容：工業廢熱回收及應用，改善工業熱能單位能耗。

預定目標：節能效率達 3%。在期末需有實際廠域或相關成果展示。

2.工業新燃燒技術

研究內容：工業新燃燒節能技術及應用。

預定目標：改善燃燒設備之節能技術及應用發展，將工業耗能降低至少 1%。如可在期末進行實際廠域或相關成果展示之計畫尤佳。

3.智慧化節能監控技術

研究內容：智慧化節能監控於工業製程應用。

預定目標：整廠節能效率達 5%，亦或各部節能效率達 15%。且在期末需有實際廠域或相關成果展示。

(三)儲能領域

1.先進二次電池

研究內容：考量國內有限電池市場與電池芯廠的高資金門檻，臺灣電池儲能科技可朝向「高品質電池材料提供者」與「高性能電池設計」發展，主要目標為建立高安全性及高效能的先進鋰電池，並聚焦於固態電解質及新材料之開發。

預定目標：高品質固態電解質粉體生產技術：批次量 $>1\text{ Kg}$ ，粉體尺寸一致性，單一粉體或應用平台成品之粉體，離子導電度 $>2\text{mS/cm}$ ；軟質固態電解質：單一材料或應用平台成品(複材)之離子導電度 $>2\text{mS/cm}$ ，適用電壓範圍 $>4.3\text{V}$ ；高電壓/高電量正極粉體：批次量 $>1\text{ Kg}$ ，粉體尺寸一致性，比電容量 $>200\text{ mAh/g}$ ，循環500圈80%維持率；高電量及循環穩定負極 $>750\text{ mAh/cm}^3$ ，全電池500圈80%維持率；軟體模擬開發新型全固態電池設計：電池能量密度。

2.先進儲氫

研究內容：開發產氫、氫儲存與運輸之關鍵材料與氫能應用技術，以降低成本與形成市場，建立或維持產業競爭力。

預定目標：創新氫能相關材料與氫能應用技術，期能在不同部門、時間與區域間，強化氫能扮演更靈活轉換能源機制的角色。電解產氫裝置整體能耗 $<6.0\text{ kWh/m}^3$ ；開發氫儲存量 $>5.0\text{ wt}\%$ 之材料或技術，儲存與釋放循環壽命30次以上，氫氣儲存率 $>80\%$ 。

(四)系統整合領域

1.再生能源系統智慧預測與分析技術

研究內容：運用人工智慧(AI)機器學習演算法整合再生能源系統數據，提供準確的短期和長期負載和發電預測，並預測其控制反應。

預定目標：於特定期間(例如，未來 1~72 小時)內，預測值的絕對誤差值在 5~10% 以內或更低的範圍，使再生能源於電力交付承諾更具商業價值；應用人工智慧/機器學習演算法進行發電預測。

2. 先進太陽能系統整合技術

研究內容：提高電網以經濟與安全，有彈性和可靠的方式將越來越多的太陽光電整合到電網中的能力。增加電網分散式發電的價值，增加太陽能資產的協調和控制。開發新技術，包括：「電網形成(Grid-Forming)」逆變器，緊急操作期間關鍵電網組件的網絡安全通信，智慧感測器和自動控制方案。100% 再生能源情境下可靠的電力系統運轉技術。

預定目標：以軟體或硬體模擬(含即時模擬)完成開發高占比再生能源電力系統示範系統運轉技術；提高風力和太陽能發電量再生源發電量 30% 以上；系統能夠在完全無同步發電機的情況下運轉(軟體或硬體示範)；開發分散式逆變器控制器，提供從慣性為主的電網範例到整合數百 kW 的太陽光電低慣性電力系統為主的未來電網範例；實現具有大量太陽光電和儲能利用率的低慣性和分散式基礎架構；對商用級微型逆變器雛型進行展示。

3. 自主彈性的再生能源電能系統

研究內容：建構微電網控制系統，可以協調分散式微電網同時工作，建構多個微電網控制(風力、太陽光電和儲能等系統)的協調策略和穩定性/可靠性強化。

預定目標：以軟體或硬體模擬完成開發自主彈性的多個微電網運轉技術，小型(百 kW scale)示範系統來驗證自主彈性的互聯微電網技術。